



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Siltiverhojen käyttö vesistörakentamisessa

Jesse Paajanen

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2016
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

PAAJANEN JESSE:
Silttiverhojen käyttö vesistörakentamisessa

Opinnäytetyö 35 sivua
Huhtikuu 2016

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä silttiverhojen käyttöön vesistörakentamisessa. Silttiverho on työnaikainen rakenne, jonka tarkoituksena on estää vesirakennustyöstä aiheutuva pohjasta irtoavan hienoaineksen leviäminen ympäröivään vesistöön. Silttiverho ei ole monelle infrarakentamisen alalla työskentelevälle tuttu käsite eikä sen toiminnasta ja rakentamisesta ole suomalaista aineistoa saatavilla. Tämän työn tarkoituksena oli tutkia silttiverhojen eri toteutusmallien toimintaa teoriaan ja käytännön kokemuksiin perustuen. Tavoitteena oli pohtia viranomaisien asettamia vaatimuksia silttiverholle ja verrata niitä käytännön kokemuksiin sen rakentamisesta ja toiminnasta.

Aiheen tutkiminen tuli tarpeelliseksi Tampereen Rantatunneli -hankkeessa havaittujen silttiverhon suunnittelu- ja toteutusvirheiden korjaamiseksi. Silttiverhon toteutusmalleja on monia ja tässä työssä esille tulleilla käytännön tuloksilla on tarkoitus korjata käsityksiä teoriassa hyväksi todetuista toteutusmalleista. Asiantuntijahaastattelujen ja vesistö-tutkimusten perusteella on tähän työhön koottu käytännössä havaittuja puutteita eri vesirakennuskohteissa silttiverhon toteutuksessa ja toiminnassa.

Luvanvaraisessa vesirakennushankkeessa viranomaiset edellyttävät silttiverhon rakentamista ennen töiden aloittamista. Silttiverho on toimiva ratkaisu, kun se toteutetaan oikein ja vesiolosuhteiden vaikutukset huomioidaan. Viranomaiset voivat kuitenkin asettaa vaatimuksia silttiverhon rakenteelle. Luvanvaraisessa vesirakennushankkeessa täytyisi olla selkeät laatuksiteerit, joita voidaan myös käytännössä järkevin kustannuksin tarkkailla ja mitata. Toteutustapa, jolla laatuksiteerit täyttyvät tulisi olla vapaasti valittavissa. Tämä antaisi vesirakennushankkeen toteuttajalle vapauden ideoida kustannustehokkaan tavan eristää työstä aiheutuvat haitat muusta vesistöstä.

Tämän opinnäytetyön tuloksien pohjalta saatiin paljon tietoa silttiverhojen eri toteutusmallien kehitykseen ja siihen mitä tulee ottaa huomioon silttiverhoja suunniteltaessa. Työn tuloksena saatiin käsitys hyvästä toteutusmallista silttiverhon rakentamiseen. Yksityiskohtaisemmat kehitysideat ja ohjeet silttiverhon toteuttamiselle tämän opinnäytetyön tuloksien pohjalta jäävät opinnäytetyön tilaajan eli Lemminkäinen Infra Oy:n käyttöön.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Construction Engineering
Infrastructure construction

PAAJANEN, JESSE:

The Usage of Silt Curtains in Water Construction Projects

Bachelor's thesis 35 pages

April 2016

The purpose of this thesis was to explore the usage of silt curtains when constructing near water systems. The curtain is an aquatic filter barrier which prevents the fine ground material mixing to the surrounding waters while excavating. The silt curtain is not very well known among the Finnish earthmoving industry and there yet finds no information in Finnish literature. The objective in this research is to fix the outdated standards and requirements concerning the construction near water systems.

The policymakers demand setting the silt curtains before the water construction begins. It is a well functioning solution under the right circumstances. However these policy-makers can set up requirements according to the structure of the curtains which does not always help the constructing progress. In this investigation was found a lot of information about water construction projects and ways to reach the environmental requirements more efficiently. The outcome was a good and efficient solution to construct silt curtains. This project was ordered by Lemminkäinen Infra Ltd and the more detailed information and improvement ideas belong to the client.

Key words: silt curtain, aquatic filter barrier, water construction

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	VIRANOMAISVAATIMUKSET JA LUPA-ASIAT.....	7
2.1	Yleistä	7
2.2	Vesilainsäädäntö	7
2.3	Ympäristönsuojelu- ja jätelainsäädäntö	8
2.4	Luonnonsuojelu ja muinaismuistojen suojelu.....	9
2.5	Ympäristövastuusäätely	9
2.6	Kansainväliset sopimukset ja muut lait	10
3	SUUNNITTELU	11
3.1	Vaatimukset suunnittelulle	11
3.2	Lähtötiedot	11
3.3	Silttiverhon rakenne	12
3.4	Mitoitus.....	15
4	VIRANOMAISVALVONTA	17
4.1	Tarkkailu hankkeen aikana	17
4.2	Raportointi	17
5	RAKENTAMINEN JA YLLÄPITO	19
5.1	Silttiverhon asennus	19
5.2	Ylläpito	20
6	PURKAMINEN	22
7	KOKEMUKSET	25
7.1	Mitoitus ja suunnittelu	25
7.2	Silttiverhon rakentaminen.....	25
7.3	Toiminta.....	30
8	POHDINTA.....	34
	LÄHTEET.....	35

ERITYISSANASTO

ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskus
AVI	Aluehallintovirasto
Sedimentti	Vesistön pohjalle muodostunut kerros savea, mutaa tai liejua
YVA	Ympäristövaikutusten arviointia koskeva menettely
Turbidity curtain	Sameusverho
Silt curtain	Silttiverho
Silt screen	Silttiverho
KVVY	Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdisys

1 JOHDANTO

Työalueen eristäminen silttiverhoilla vähentää ympäristölle haitallisia vaikutuksia vesirakentamisen yhteydessä. Hankekohtaisesti vaaditaan ympäristövaikutusten arviointia ja vesilupaa, joiden perusteella silttiverhouksen tarve määritellään. Silttiverhon tarkoituksena on estää veteen läjitettäessä, vesialuetta ruopattaessa tai muussa vesirakentamisessa pohjasta irtoavan sedimentin leviäminen työalueen ulkopuolelle. Leviävillä sedimenteillä voi olla suuria vaikutuksia esimerkiksi vesistön eliöstöön. Silttiverhon rakentaminen työaluetta rajaamaan on viimekädessä viranomaisten edellytys töiden aloittamiselle.

Siltiverhoja on käytetty vesistörakentamisessa monissa eri kokoluokan hankkeissa. Kokemukset siltiverhon toimivuudesta estää rakennusalueen pohjasedimenttien leviäminen muualle vesistöön ovat olleet hankkeiden valmistumisen jälkeen positiivisia, tarkasteltaessa vesistöntarkkailusta koottuja tuloksia. Siltiverho on Suomessa jokseenkin uusi käsite ja se ei ole tullut vielä tutuksi vesistörakentamisen parissa. Siltiverho tulee englanninkielisistä nimistä ”silt screen”, ”silt curtain” tai ”turbidity curtain”, Suomessa yleisimmin käytetyt nimikkeet ovat ”ruoppaverho” ja ”suojaverho”.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on koota yhteen tietoa siitä miksi siltiverho täytyy asentaa ja mitä sen rakentamisessa tulisi ottaa huomioon. Yhdysvalloissa on tehty siltiverhojen mitoittamisesta ja rakentamisesta raportti vuonna 1978, joka toimii tässä työssä yhtenä merkittävänä lähteenä. Suomalaisia ohjeita siltiverhon rakentamisesta ja vaatimuksista ei ole. Viranomaisten vaatimukset siltiverhojen rakenteelle tulevat kuitenkin esille vesilupapäätöksissä. Tarkoituksena tässä työssä ei ole käydä tarkasti läpi siltiverhon mitoittamista vaan tutkia kokemukseräisen ja teoreettisen tiedon perusteella siltiverhojen toimintaa ja sitä suunniteltaessa huomioon otettavia asioita.

Tämän opinnäytetyön yhtenä tavoitteena on selvittää keskeisimmät viranomaisvaatimukset ja miten lupaprosessi mittavassa vesirakennushankkeessa etenee. Tavoitteena on saada kokemukseräistä tietoa eri tahoilta ja siltiverhojen toiminnassa mukana olleilta. Kokemusten pohjalta tarkoituksena on pohtia viranomaisten asettamia vaatimuksia ja verrata niitä käytännössä todettuihin seikkoihin. Myös teoreettisia suunnitelmia siltiverhon toteutusmallista on tarkoitus verrata käytännön kokemuksiin ja selvittää väärityneet mielikuvat ”hyvästä” toteutusmallista.

2 VIRANOMAISVAATIMUKSET JA LUPA-ASIAT

2.1 Yleistä

Vesistörakentamisessa sovelletaan useita eri säännöksiä, kun puhutaan ruoppaus- ja läjitystoiminnasta. Tärkein sääntely sisältyy em. toiminnoissa vesi-, jäte- ja ympäristön-suojelulainsäädäntöön. Hankkeen koosta riippuen on yleensä vesistöön kohdistuvasta työstä tehtävä ilmoitus tai haettava lupa. Ruoppaus- ja läjitystoiminnassa täytyy ottaa huomioon myös luonnon ja muinaismuistojen suojelua koskeva sääntely, maankäyttö- ja rakennuslain säännökset, vesien- ja merenhoitosuunnitelmat, ympäristövaikutusten arviointia koskeva menettely (YVA) sekä erilaiset Suomea koskettavat kansainväliset sopimukset. (Ympäristöministeriö, 2015, 8)

Hankkeella työstä vastuussa olevalla henkilöllä on velvollisuus hakea tarvittavat luvat. Viranomaisilta saa tarvittaessa tietoa, mitä lupia mahdollisesti tarvitaan ja suuremmissa ruoppaus- ja läjityshankkeissa on suositeltavaa käydä ELY-keskuksen kanssa keskustelua jo hankkeen suunnitteluvaiheessa. Tällöin käytännöt on jo selvillä varsinaista lupa-prosessia. (Ympäristöministeriö, 2015, 8)

2.2 Vesilainsäädäntö

Vesilakia sovelletaan vesitalousasian ja vesitaloushankkeiden käsitteiden myötä. Vesitalousasia tarkoittaa vesitaloushankkeen toteutusta ja muiden vesivarojen ja vesiympäristön käyttöä ja hoitoa. Vesitaloushanke on toimenpide, joka voi vaikuttaa pinta- tai pohjaveteen, vesiympäristöön, vesitalouteen tai vesialueen käyttöön tapahtui se maalla tai vedessä. Vesilakia sovelletaan toimenpiteisiin, jotka jollain tavalla ulottuvat vesielementtiin. (Ympäristöministeriö, 2012, 15)

Ruoppaukseen ja läjitykseen on yleensä saatava lupa viranomaiselta. Alle 500m³ ruoppaukset eivät ole luvanvaraisia elleivät ruoppauksen vaikutukset ole suuria. Ilmoitus on kuitenkin tehtävä aina paikalliselle ELY-keskukselle. ELY-keskus arvioi vaikuttaako toiminta merkittävästi ympäristöön, jolloin lupaa on haettava AVI:ltä. Vaikutusten perusteella haetaan vesilain mukaista lupaa jos toimenpiteellä on mahdollista muuttaa ve-

sistön asemaa, syvyyttä, vedenkorkeutta tai virtaamaa, rantaa, vesiympäristöä tai pohjavettä. (Ympäristöministeriö, 2015, 9 - 11)

Vesialueella sijaitsevalle läjityspaikalle läjittäminen voi tapahtua ilman lupaa tietyin edellytyksin ELY-keskukselle tehdyn ilmoituksen perusteella. Tällöin puhutaan merkityksettömän pienistä määristä. Lupaa massojen läjittämiseksi voidaan hakea hankekohtaisesti, jolloin lupaviranomainen arvioi hankkeella syntyviä massoja ja päättää läjityspaikan soveltuvuuden näiden pohjalta. On myös mahdollista hakea vesilain mukainen lupa, jolloin samalle läjitysalueelle voidaan läjittää lupamääräykset täyttäviä massoja useammasta hankkeesta luvan voimassaoloaikana. (Ympäristöministeriö, 2015, 11)

Ruoppaus- ja läjitystoiminnalle myönnettyssä lupapäätöksessä voidaan määrätä luvan saaja toimenpiteisiin mikäli toiminta aiheuttaa haittaa kalastajille tai kalakannoille. Vahinkoja pyritään ehkäisemään tai vähentämään kalatalousmaksulla tai kalatalousvelvoitteella. Kalatalousvelvoite tavallisesti määrää istutettavaksi kalanpoikasia sille toimenpidealueelle, jossa on tapahtunut veden samentumista ja näin vaikeuttanut kalojen lisääntymistä. Kalatalousvelvoite voi olla myös velvoite kalakannan tarkkailusta hankkeen aikana ja sen jälkeen. Luvanvaraisen ruoppaus- tai läjityshankkeen valmistuessa työn suorittaja toimittaa valmistumisilmoituksen ELY-keskukselle ja Aluehallintovirastolle (AVI). Viranomainen voi ryhtyä selvittämään tarkemmin onko hanke hoidettu lupamääräysten mukaan. (Ympäristöministeriö, 2015, 11 - 12)

2.3 Ympäristönsuojelu- ja jätelainsäädäntö

Ympäristönsuojelulain perimmäinen tarkoitus on ehkäistä ympäristön pilaantumista, torjua ympäristövahinkoja ja edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää. Ympäristölupa on oltava jos toiminta saattaa aiheuttaa vesistön pilaantumista eikä kyseessä ole vesilain mukainen lupa. Ympäristölupaa kuitenkin harvemmin tarvitaan ruoppaus- ja läjityshankkeissa, koska vesiluvassa on otettu huomioon ympäristönsuojelulain asettamat vaatimukset niiltä osin kuin hanke aiheuttaa ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa. (Ympäristöministeriö, 2015, 12; Ympäristönsuojelulaki, 2014)

Vesistöistä ruopattava massa luokitellaan jätteeksi, jos se täyttää jätelain mukaiset tunnusmerkit. Jätteen haltijalla on vastuu huolehtia jätteen asianmukaisesta hävittämisestä.

Lähtökohtaisesti vesirakennushankkeissa on pyrittävä minimoimaan jätteeksi päätyvien ainesten määrä ja haitallisuus. Puhutaan jätelain etusijajärjestelystä, kun etsitään ensin keinot siihen miten jätteen määrää voidaan vähentää tai miten sitä olisi mahdollista hyödyntää hankkeella. (Ympäristöministeriö, 2015, 13)

2.4 Luonnonsuojelu ja muinaismuistojen suojelu

Vesilain mukaan on otettava huomioon luonnonsuojelu, kun kyseessä on ruoppaus- tai läjitystoimintaa. Hanketta aloitettaessa on siis selvitettävä toiminnan vaikutus luonnon monimuotoisuuteen. Luonnonsuojelulain nojalla on tarkasteltava hankkeen vaikutusta suojeltuihin lajeihin tai alueisiin. Alueella voi olla myös menossa jokin luonnonsuojeluohjelma, joka pitää huomioida ja arvioida toiminnan mahdollisia vaikutuksia siihen. (Ympäristöministeriö, 2015, 13 - 14)

Luonnonsuojelualueella tapahtuva ruoppaus- ja läjitystoiminta on pääsääntöisesti kielletty. Aikaisempien väylien kunnostusruoppaus on kuitenkin yleensä sallittua ilman lupaa, jos alueen asianmukainen hoito tai käyttö sitä edellyttää, eikä se vaaranna alueen perustamistarkoitusta. Vesilain nojalla on huomioitava muinaismuistojen suojelu, jolloin noudatetaan muinaismuistolakia. Muinaismuistolain piiriin kuuluvat mm. 100 vuotta vanhat hylt. (Ympäristöministeriö, 2015, 14)

2.5 Ympäristövastuusääntely

Ruoppaus- ja läjitystoiminnalle ei ole säädetty erityissääntelyä, joten näihin toimintoihin sovelletaan yleistä ympäristövastuusääntelyä. Haitta-aineita sisältävien sedimenttien puhdistuksesta ei ole säädetty puhdistamisvelvollisuutta, vaan tällöin sovelletaan vesilain ja vahingonkorvauslakien yleisiä säännöksiä. Säännösten mukaan toiminta on ollut tällöin luvan- tai lainvastaista. Tämä tarkoittaa esimerkiksi ruoppausjätteiden luvatonta läjittämistä vesistöön. Sedimenttien puhdistamisesta ei ole toissijaista vastuujärjestelmää käytössä, joten vesialueen haltijaa ei voida velvoittaa kunnostamaan vesialuetta. Tällöin haitta-aineita sisältävien sedimenttien aiheuttamat lisäkustannukset jää ruoppaajan tai alueella muuta toimintaa tekevän vastuulle. (Ympäristöministeriö, 2015, 14)

Vesistössä tehtävien toimenpiteiden aiheuttamat ympäristöhaitat ovat toteuttajan vastuulla. Vesilaissa on säädetty mitä vahinkoja ja edunmenetyksiä hankkeesta vastaava on velvollinen korvaamaan. Hankkeesta aiheutuessa huomattavia vahinkoja, lupaviranomainen voi määrätä hankkeesta vastaavan toimenpiteisiin ehkäisemään haitallisia vaikutuksia tai rajaamaan niitä mahdollisimman pieniksi. (Ympäristöministeriö, 2015, 14)

2.6 Kansainväliset sopimukset ja muut lait

Merialueilla merensuojelussa Suomea velvoittavat maailmanlaajuiset ja alueelliset sopimukset. Esimerkiksi Lontoon sopimus jätteen sijoittamisesta veteen vuodelta 1972 on yksi maailmanlaajuisista sopimuksista. Alueellisista sopimuksista Suomea lähimpänä koskettaa Itämeren alueen merellisen ympäristön suojelua koskeva yleissopimus. Itämerellisen ympäristön suojelukomissio HELCOM ja OSPAR ovat tehneet ruoppausmassojen läjittämistä koskevan ohjeistuksen, jossa on suosituksia yleissopimuksen tavoitteisiin liittyvistä toimenpiteistä. (Ympäristöministeriö, 2015, 16)

Maankäyttö- ja rakennuslaki tulee kysymykseen vesirakentamisessa, kun läjitetään massoja maalle. Tällöin voidaan tarvita toimenpiteelle maisematyölupaa, jos toimitaan kaavoitetulla alueella. Hanketta suunniteltaessa on jo aloitettava ympäristövaikutusten arviointimenettely (YVA), jonka tarkoituksena on selvittää ympäristövaikutukset yhtenäisesti ympäristölle merkittävissä hankkeissa. YVA on kansalaisille hyvä mahdollisuus tuoda tietonsa esille ja näin vaikuttaa hankkeen toteutukseen. Silloin kun hankkeessa ei sovelleta YVA-menettelyä on hankkeen vaikutuksista ympäristöön oltava riittävästi tietoa entuudestaan. ELY-keskus päättää tarpeen vaatiessa aloitetaanko YVA-menettely. (Ympäristöministeriö, 2015, 15)

3 SUUNNITTELU

3.1 Vaatimukset suunnittelulle

Merkittävässä vesirakennushankkeessa tai hankkeessa, jonka vaikutukset ulottuvat vesistöön on haettava vesilupaa Aluehallintovirastolta. Hankkeesta on tehtävä vesilain mukainen hakemussuunnitelma, jossa on huomioitu hankkeen vaikutukset ympäristöön ja ratkaisut haittavaikutusten ehkäisemiseksi. Aluehallintovirasto kerää eri tahoilta lausuntoja koskien hankkeen vesilupahakemusta. Nämä tahot (esim. ELY-keskus) voivat esittää ja tarkentaa hakijalle vaatimuksia koskien ympäristöhaittojen ehkäisemistä. Viimekädessä Aluehallintovirasto myöntää luvan ja asettaa hakijalle vaatimukset hankkeen toteutukseen. (Aluehallintovirasto, 2013; Sunell, Pulkkinen, Mäkynen & Mustajärvi, 2011.)

Hankkeen hakemussuunnitelmaa varten on hakijan täytynyt ottaa selvää rakennushankkeen vaikutuksista ympäristöön ja suunnitella sen toteutus niin että kuormitus ympäristölle on mahdollisimman vähäinen. Lupaprosessissa kuunnellaan lausuntoja ja mielipiteitä eri tahoilta, joihin hakijan täytyy vastata. Aluehallintovirasto asettaa näiden vuoropuheluiden perusteella raamit suunnittelulle. Silttiverhon rakentaminen rakennusalueen ympärille on yksi tapa ehkäistä ympäristöhaittoja. Vesiluvassa voi olla annettu tarkempia materiaali vaatimuksia silttiverhon suunnitteluun tai ohjeistettu sen rakentamiseen. (Aluehallintovirasto, 2013.)

3.2 Lähtötiedot

Vesilupahakemukseen tarvittava hankesuunnitelma antaa jo kattavia lähtötietoja silttiverhon suunnittelulle. Silttiverholla pyritään estämään vesistö rakentamisessa sedimenttien leviäminen hallitsemattomasti vesistöön. Sedimenttitutkimuksilla voidaan kartoittaa missä alueella haitalliset sedimentit sijaitsevat ja suunnitella verhon ulottuvuus tämän kartoituksen mukaan. Teollisuuden aiheuttamat vaikutukset vesistöön näkyvät sedimenteissä ja sedimenttien haitta-aineet asettavat silttiverholle erityisiä tiiviysvaatimuksia. Mahdollisten tehtaiden vedenotto putkien sijainti lähellä rakennus aluetta asettavat myös

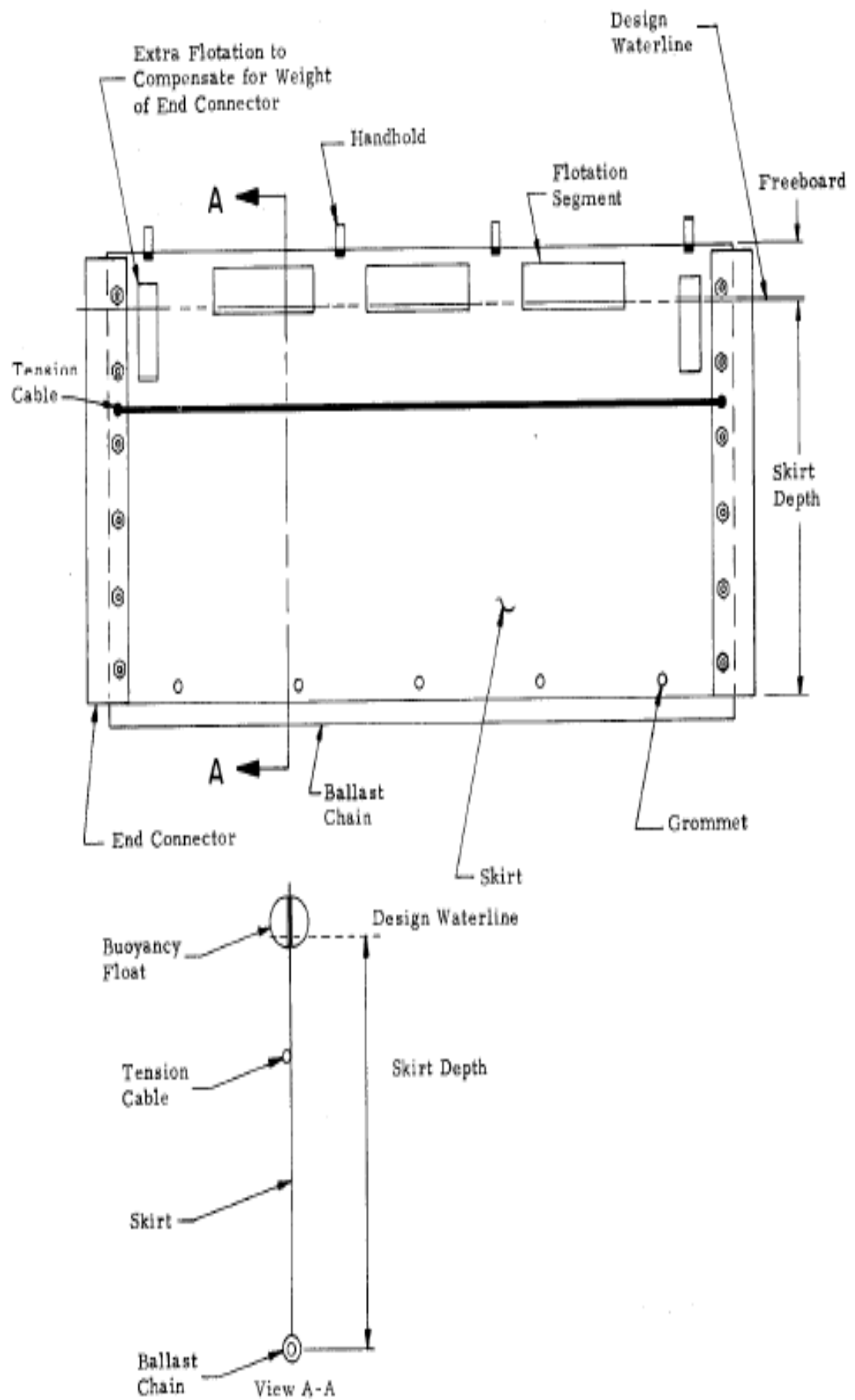
vaatimuksia silttiverhon tiiveydelle. (Aluehallintovirasto, 2013, 4 - 6; Sunell, Pulkkinen, Mäkynen & Mustajärvi, 2011, 10 - 12.)

Vesistöistä hankitut tiedot ovat tärkeimpiä lähtötietoja suunnittelulle. Vedenkorkeuden vaihtelut voivat olla joissakin vesistöissä merkittäviä, jos vedenpinnan korkeutta säännöstellään. Vedenpinnan korkeusvaihtelu tulee huomioida tällöin verhon korkeudessa. Jos verhon ympäröimä vesirakennuskohde sijaitsee lähellä vedenjuoksutusta, voivat veden virtaamat nousta suuriksi ja tämä täytyy ottaa huomioon verhon rakenteessa. Verhon sijainti on suunniteltava siten, ettei sitä tarvitse siirtää kesken töiden eikä se häiritse vesistössä liikkuvia. Suunnitellusta verhon paikasta täytyy syvyys selvittää kulkuluotaimella tai haralla, jotta verhon syvyys pystytään rakentamaan oikeaksi. (Sunell, Pulkkinen, Mäkynen & Mustajärvi, 2011, 3 - 5.)

3.3 Silttiverhon rakenne

Siltiverhojen rakenne koostuu pääsääntöisesti neljästä osasta. Yhtenä osana on verho (kangas), joka estää hienoainesten leviämisen muualle vesistöön. Verho on kiinnitettynä kellukkeisiin, joka pitää koko muun rakenteen pinnalla. Verhon alaosaan kiinnitetään painot, jotka pitävät siltiverhon helman paikoillaan. Ja yleensä koko rakenne pidetään yhtenäisenä selkävaijerin avulla, joka tarpeen mukaan ottaa vastaan tuulen ja aaltojen aiheuttamia vaakavoimia. Siltiverhon rakenne-esimerkki esiteltynä kuvassa 1. Verhojen rakenne on yksilöitävä ja mitoittettava käyttökohteen mukaan. Pienemmissä verhoissa selkävaijeri on mahdollista jättää pois silloin, kun verhoon vaikuttavat voimat ovat niin pieniä että verhon kangas itsessään kestää ottaa nuo voimat vastaan. (Palermo, 1978, 14 - 15.)

Siltiverhon kankaan tulee kestää aallokon ja virtausten aiheuttamaa venymää sekä siihen kohdistuvaa hankausta. AVI:n myöntämissä vesiluvissa vesirakennushankkeisiin on kankaan materiaalivaatimukseksi yleensä asetettu polypropyleenikuitukangas, jonka nimellislujuuden vaatimukseksi on usein asetettu 175 kN/m. Kankaan täytyy myös läpäistä vettä, mutta estää sedimenttipartikkelien leviäminen vesistöön. Painoluokka kankaalle voi olla väliltä 271 - 1690 g/m², mutta yleisesti väliltä 320 - 745 g/m². Kangas on alttiina auringonvalolle, joten se ei myöskään saa hapertua UV-säteilyn vaikutuksesta. (Palermo, 1978, 22 - 23; Sunell, Pulkkinen, Mäkynen & Mustajärvi, 2011, 17.)



KUVA 1. Siltiverhon rakenne (Palermo 1978, 15)

Silttiverhon kellukkeiden täytyy olla hyvin rasitusta kestäviä, varsinkin jos rakennustyön on tarkoitus kestää talven yli ja tiedossa on silttiverhon jääminen jäihin. Kellukkeiden tulee muodostaa yhtenäinen jono, jotta verho ei pääse mistään laskeutumaan vedenpinnan alle ja muodosta näin vuotokohtia sedimenttipartikkeleille. Kellukkeina voidaan käyttää PEH-muovista tai metallista valmistettuja putkiponttooneja, joiden halkaisijat vaihtelevat verhon koon mukaan. Kellukkeiden on syytä olla jaoteltuna osiin, jotta ne ovat vaihdettavissa, jos kelluke rikkoontuu eikä tällöin koko verhorakenne uppoa. Kankaan alahelmaan asennettavana painona voidaan käyttää riittävän painavaa kettinkiä, joka jaksaa pitää verhon pystysuorassa virtauksia vastaan. Tarpeen vaatiessa saadaan ottamaan vastaan vetorasituksia, mikäli se jätetään irti pohjasta ja jännitetään. Pitkäaikaisissa verhoissa täytyy huomioida myös korroosion vaikutus ketjuun, etenkin merivedessä. (Palermo, 1978, 23; Sunell, Pulkkinen, Mäkyne & Mustajärvi, 2011, 17.)

Selkävaijerin materiaaliin ja vahvuuden valintaan vaikuttaa verhon syvyys, pituus ja olosuhteista johtuvat ulkopuoliset voimat. Ilman selkävaijeriakin voidaan verho toteuttaa, mutta tällöin puhutaan helposti rakennettavasta, edullisesta ja lyhytaikaisesta verhosta, joka ei sijaitse kovasti virtaavalla alueella. Kun selkävaijeria ei käytetä, lähes kaikki veto kohdistuu kankaaseen, joka voi johtaa kankaan repeämään, jos kankaan lujuus ei ole riittävä. Selkävaijeri voidaan sijoittaa juuri kellukkeiden ylä- tai alapuolelle, 30cm kellukkeiden alapuolelle tai verhon alaosaan. Maltillisissa virtauksissa suositeltu paikka selkävaijerille on hieman kellukkeiden ylä- tai alapuolella. Tämä sijainti antaa tarpeeksi tilaa verhon vapaalle liikkeelle. Suurissa virtausolosuhteissa vaijeri voi olla sijoitettuna kellukkeiden läheisyyteen tai keskikohdalle kangasta. Keskikohdalle sijoitettu vaijeri ylläpitää verhon helman sijainnin ja syvyyden paremmin virtauksessa. Tämä ratkaisu vaatii kuitenkin vaijerilta ja ankkureilta enemmän voimia. (Palermo, 1978, 26.)

Silttiverhon kangas voidaan toteuttaa kokonaan yhtenäisenä osana, jolloin jatkoksia ei tarvita. Tämä vaikeuttaa kuitenkin verhon kunnossapitoa, jos kangas joltain osalta pääsee repeämään. Jos siltiverhoa ei voida kasata yhtenäiseksi paikanpäällä tai siihen täytyy hankkeen edetessä liittää lisää verhoa, täytyy jatkoksien olla toimivia. Jatkosten täytyy olla sedimenttipartikkeleita pidättäviä ja kestää rasitusta siinä missä kangaskin. Erilaisia vaihtoehtoja jatkosten tekemiselle on esitelty kuvissa 2 ja 3. (Palermo, 1978, 26.)

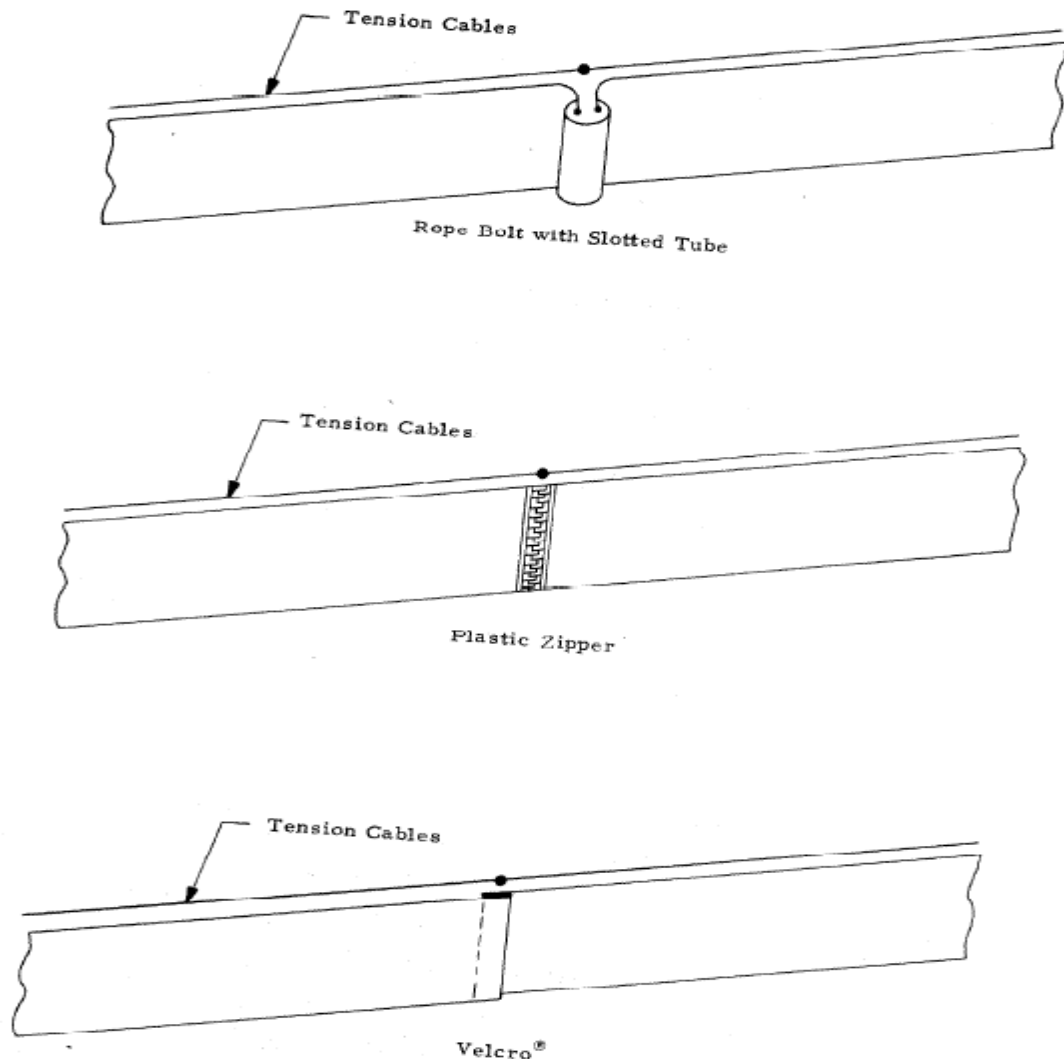


Figure 3. "No-Load" type connectors

KUVA 2. Vaihtoehtoisia jatkoksia silttiverhon lohkojen liittämiseksi (Palermo 1978, 31)

3.4 Mitoitus

Tässä opinnäytetyössä ei ole tarkoitus paneutua oleellisesti silttiverhon rakenteen mitoittamiseen, vaan lähinnä siihen minkälaisia kuormia täytyy ottaa huomioon silttiverhoa mitoittaessa ja tarkastella verhon kestävyyttä lähinnä kokemuseräisten tietojen perusteella. Silttiverhon mitoituksesta on julkaistu tutkimusraportti vuonna 1978, jossa on käsitelty mitoitusta ja verhon toimintaa hyvinkin tarkasti. Silttiverhon mitoitus alkaa verhoon vaikuttavista ulkoisista voimista, jotka tulee selvittää jotta pystytään laskemaan verhon rakenne voimia vastaaviksi.

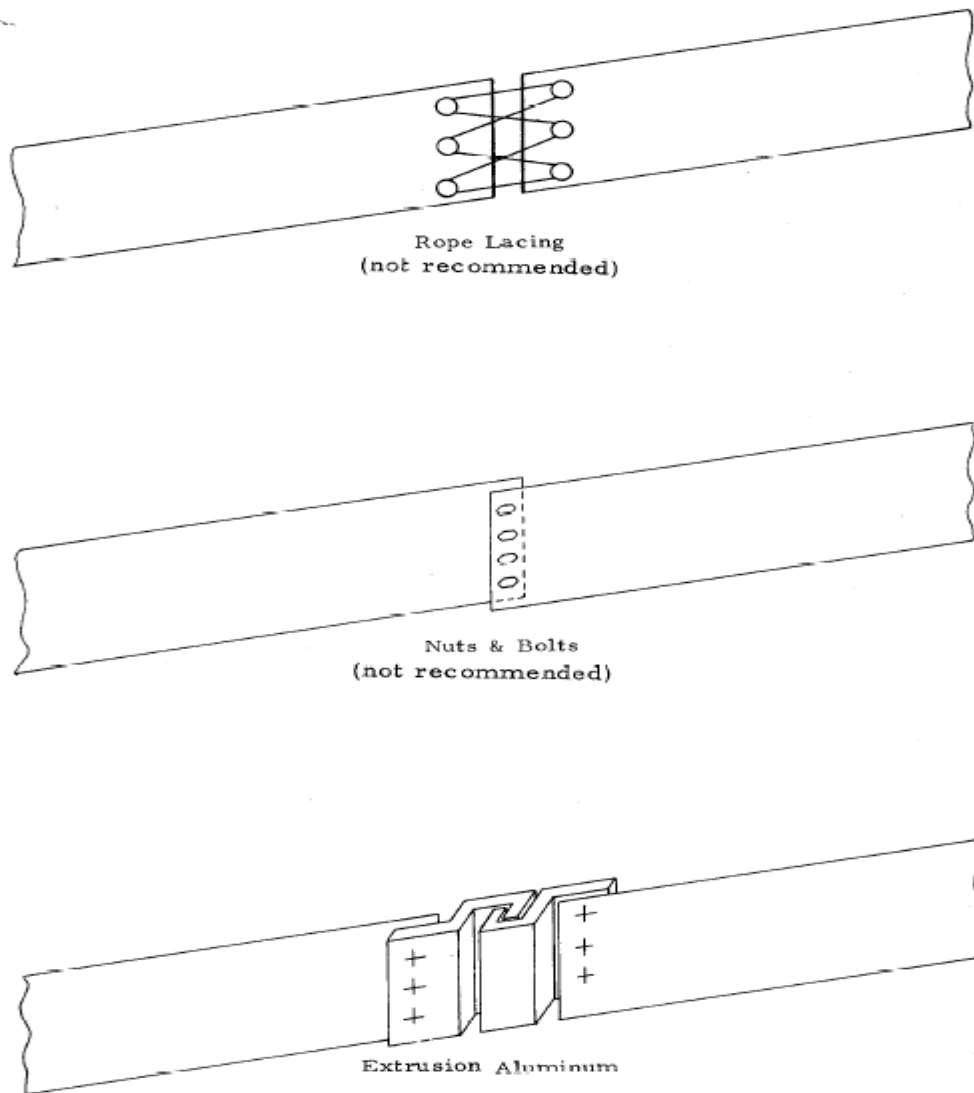


Figure 4. "Load" type connectors

KUVA 3. Vaihtoehtoisia jatkoksia silttiverhon lohkojen liittämiseksi (Palermo 1978, 32)

Veden virtauspaine on yksi tärkeimmistä suureista johon mitoituksessa nojataan. Se vaikuttaa yhdessä verhon syvyyden kanssa sitä pidätteleviin ankkurivoimiin ja ankkureiden määrään. Selkävaijerien määrä ja kesto määräytyy myös sen mukaan kuinka kovat voimat virtaavasta vedestä aiheutuu ja paljonko kankaan annetaan ottaa kuormaa vastaan. Kankaan venymä vetorasituksessa täytyy huomioida, kun selkävaijereiden pituuksia lasketaan, jottei kankaan venymä kovassa rasituksessa kasva liian suureksi. Kellukkeiden nosteen mitoituksessa tulee huomioida painoketjun paino, mikäli sitä ei ole asennettu pohjaan asti ja mahdollisesti verhoon tarttuvien sedimenttipartikkelien ajan myötä lisäämä paino.

4 VIRANOMAISVALVONTA

4.1 Tarkkailu hankkeen aikana

Jo hakemussuunnitelmassa vesiluvan hakija on esittänyt miten silttiverhon tarkkailutoimenpiteet hoidetaan. Vesiluvan päätöksessä AVI voi lisätä tarkkailutoimenpiteitä ja ohjeistaa miten raportointi hoidetaan. Vesirakennuskohde on suoritettava hakemuksessa olleiden suunnitelmien mukaan ja rakentamiseen liittyvän silttiverhon rakenne tulee olla suunnitelmien mukainen töitä aloitettaessa. Hakija voidaan velvoittaa tarkastamaan verhon suunniteltu sijainti pohjassa sukeltajan toimesta. Luvanhakijalla on ilmoitusvelvollisuus viranomaiselle heti mikäli samentumaa vedessä siltiverhon takana esiintyy ja toimenpiteisiin on ryhdyttävä välittömästi. Käytännössä hakijan täytyy olla tietoinen koko ajan verhon kunnosta ja mihin samentumat ovat levinneet. (Aluehallintovirasto, 2013, 17 - 18.)

Vesilupahakemukseen hakija voidaan vesilain nojalla määrätä hankkeen aikana järjestämään vesistöntarkkailuohjelman vesistövaikutusten arviointia ja työnaikaisen samentumisen hallitsemista varten. Raamit tälle ohjelmalle on hyvä esittää jo lupahakemusvaiheessa. Viranomainen määrittää lopulta vesistöstä otettavien näytteidenottopaikat ja syvyydet. Näytteidenoton ajankohdat ovat myös vesiluvassa määrätty. Rakentamistyön aikana näytteitä otetaan viikoittain, rakentamisen jälkeen kahden viikon välein, heti siltiverhonpoistamisen jälkeen ja viikon päästä poistosta. (Aluehallintovirasto, 2013, 18 - 19.)

4.2 Raportointi

Tuloksista raportoinnin tiheys hankkeen aikana on vesiluvassa määritelty. Yleisesti heti tulosten valmistuttua on ilmoitus tehtävä niille viranomaisille ja tahoille jotka ovat vesilupaan määritelty kuulemaan vesistöntarkkailun tuloksista. Tuloksissa tulee esittää mahdolliset epävarmuustekijät ja tuloksien laskennassa käytetyt menetelmät. Mittausten suorittajien tulee olla ammattihenkilöitä ja vesinäytteiden ottoon sertifioituja. Vuoden välein tuloksista laaditaan yhteenveto, jossa tarkastellaan rakennustöiden vaikutusta pintaveden laatuun ja arvioidaan rakennustöistä mahdollisesti aiheutuneita haittoja. (Aluehallintovirasto, 2013, 19; Hell & Alajoki, 9 - 10, 2015.)

Vesistöntarkkailusta tehtävästä loppu- tai väliraportissa esitetään sijaintitiedot jossa tarkkailuja on suoritettu ja mitä näytteitä on kerätty. Tarkkailtavia osa-alueita voivat olla mm. pintaveden laadun tarkkailu, sonditarkkailu, sedimentaatiotarkkailu tai pohjavesitarkkailu. Esimerkki sedimentaatioseurantaan soveltuvasta mittauskalustosta esitetty kuvassa 4. Raportissa käsitellään tulokset ja arvioidaan vesistölle mahdollisesti aiheutuneita haittoja. Silttiverhon toiminta voidaan tarkasti raportoida, kun näytteitä on otettu verhon sisä- ja ulkopuolelta eri syvyyksiltä. Raporttiin liitetään havainnot veden samentumisista myös silmämääräisesti ja vesinäytteiden tutkimustulokset tarkkailu ajanjaksolta. (Hell & Alajoki, 2015.)



KUVA 4. Sedimentaatioseurannassa käytetty näytteenottokalusto (Hell & Alajoki 2015, 11)

5 RAKENTAMINEN JA YLLÄPITO

5.1 Silttiverhon asennus

Silttiverhon asentamisen aloitusedellytyksenä on varmistaa riittävän suuri raivattu alue rannan läheisyyteen, josta verho päästään uittamaan paikoilleen. Alueen tasaisuus ja riittävä pituus helpottaa verhon rakentamista, kun kerralla voidaan tehdä verhoa valmiiksi pitkä matka ennen uittoa paikoilleen. Vaihtoehtoisesti silttiverho voidaan rakentaa valmiiksi jään päälle ja jäiden sulaessa laskea paikoilleen ja ankkuroida. Tarvittavien materiaalien tulee olla järjesteltynä kohteeseen: kangas, painoketjut, selkävaijerit, kellukeet/kellukemateriaalit ja ankkuripainot. Suunnitellun alueen nurkkapisteet johon silttiverho on tarkoitus asentaa täytyy olla merkittynä poijuin vesistöön. Resurssit varataan verhon koon mukaan. Pienemmät verhot voidaan asentaa jopa soutuveneellä ja isompiin verhoihin tarvitaan työlautta sekä kaivinkone. (Humalajoki, J. 2013.)

Rakennettaessa verho rannalla, on alustalle hyvä levittää liukas muovikalvo, jota pitkin silttiverho voidaan raahata niputettuna pakettina veteen. Jos kyseessä on matalaan veteen asennettava verho, ei kangasta tarvitse jatkaa ompelemalla (syvyys alle kangasrullan leveys). Verhoon ommellaan pituussuunnassa pussit kellukkeille, selkävaijerille ja painoketjuille. Yksi tapa on myös jättää kellukkeet pois pussista ja kiinnittää esim. teräsvanteella verhon yläreunassa kulkevaa selkävaijeriin. Tällöin rikkoutuneen kellukkeen vaihto ehjään on helpompaa ja kellukkeiden kuntoa voidaan tarkkailla paremmin. Kuvissa 5 ja 6 on nähtävillä kaksi eri tavoin valmistettua silttiverhoa. (Humalajoki, J. 2013.)

Pitkä silttiverho on rakennettava lohkoissa ja kankaan jatkokset voidaan ommella toisiinsa kiinni sitä mukaa, kun verhoa vedetään veteen. Painoketjujen ja selkävaijerien jatkoliitokset hoidetaan sakkeleilla. Silttiverho kokonaisuudessaan niputetaan laskostamalla, ei rullaamalla. Noin 1,5 metrin välein solmitaan verho nippuun asennusalustalla niin, että kellukkeet ovat ylöspäin ja painoketju alaspäin. Kun verho on saatu uitettua ennalta merkitylle paikalle, ankkuroidaan se suunnitelmien mukaisesti esim. betonipainoin. Silttiverhonipun kiristysköydet katkaistaan, kun ankkurointiköydet ovat kiinni niin verho laskeutuu paikoilleen. Ankkurointipainot lasketaan veteen suunnitelmien mukai-

sesti ja ankkurointiköydet kiristetään suunniteltuun kulmaan (~30 - 45°). (Humalajoki, J. 2013.)



KUVA 5. Kaksi eri tavoin rakennettua siltiverhoa (Kuva: Jeremias Korhonen)

5.2 Ylläpito

Hankkeelle myönnetty vesilupa edellyttää siltiverhon jatkuvaa tarkkailua ja luvan haki-
jan tulee olla aina tietoinen missä kunnossa verho on. Verhon kunto on tarkistettava
päivittäin, jolloin mahdolliset viat havaitaan ajoissa ja ne voidaan korjata tai estää vau-
rioiden lisääntyminen. Päivittäinen tarkastus voidaan suorittaa pienelläkin veneellä. Silt-
tiverho tulee kiertää molemmin puolin, jotta mahdolliset vauriot varmasti huomataan.
(Palermo, 1978, 173 - 175.)

Tarkastuksessa on tarkistettava kellukkeiden kunto, ettei halkeamia ole syntynyt ja nii-
den kiinnitys kankaaseen on kunnossa. Verhon lohkojen liitoksen on myös tarkastetta-
va, ettei repeämiä kankaaseen ole syntynyt. Verhoa kierrettäessä tulee tarkkailla veteen
mahdollisesti levinnyttä sameutumaa, jotta vuotokohtiin voidaan reagoida tarvittaessa.

Sameutumat vedessä johtuvat yleensä siitä, että verhon kellukkeet ovat päässeet pinnan alle. Syy kellukkeiden painumiseen voi olla pohjalietteen liikkuminen helman päälle jolloin kangas vetää mukanaan kellukkeita pinnan alle. Myös ankkuripainot voivat liikkua ja painua pohjamutaan, jolloin ankkuriköydet vetävät verhoa väärään sijaintiin. Säännöllisillä sukeltajan tarkastuskäynneillä voidaan varautua tilanteisiin, jossa pohjamuta on levinnyt verhon helman lähetyville. (Palermo, 1978, 173 - 175.)



KUVA 6. Siltiverhoja Näsijärvessä Tampereella (Kuva: Jeremias Korhonen)

6 PURKAMINEN

Silttiverholle on saatava purkulupa vesiluvassa määritetyltä viranomaiselta ennen purkutöiden aloittamista. Sameutuma verhon sisäpuolella tulee olla laskeutunut ja vesinäytteiden tulokset oltava yhtenevät verhon ulkopuolella ennen kuin verho voidaan poistaa. Purkutöihin on valittavat prosessit verhon koon mukaan. Jos kankaan helma on viety pohjaan asti ja painotettu raskaalla ketjulla, tarvitaan purkamiseen esimerkiksi työlautta ja kaivinkone vetämään ketjua ylös (kuva 7). Helman painuttua pohjaliejuun myös koheesio estää pohjapainoa ja helmaa nousemasta, joten kalustolta vaaditaan suurta nostokykyä. (Aluehallintovirasto, 2013, 25; Palermo, 1978, 175 - 176.)



KUVA 7. Purkutöihin tarvittavaa kalustoa

Ennen purkutöiden aloittamista täytyy purettavalle silttiverholle etsiä alue, jossa on riittävästi tilaa erotella kellukkeet, vaijerit ja painoketjut. Mahdollisuuksien mukaan on verhon purkutyölle valittava mahdollisimman tyynet olosuhteet, jolloin purkutyö huomattavasti helpottuu. Jos verho on asennettu pohjaan asti, on ketju irroitettava ensin

pohjamudasta kaivinkoneella tai vinssillä nostamalla. Järjestys on lähes päinvastainen kuin verhon asennus. Silttiverhon kangas painoketjuineen nostetaan pohjasta irti ja lähdetään kellukkeiden ja työlautan avulla uittamaan lohkoittain kohti purkualuetta, kun ankkuriköydet on katkaistu. Verho täytyy lohkoa ensin sopiviin osiin avaamalla sakkelit ketjuista ja vaijereista. Tämän takia on syytä olla merkittynä jatkosten kohdat jo asennusvaiheessa. (Palermo, 1978, 175 - 176.)

Työläs ja haastava vaihe on saada verho ehjänä rannalle lajittelua varten. Jos kellukkeet ovat muovia, rikkoutuvat ne helposti rannalle vedettäessä. Uitettaessa verhoa purkupaikalle sotkeutuu verho helposti (kuva 8). Kankaaseen ommellut pussit ponttooneille, painoketjuille ja selkävaijereille on leikattava auki, jotta ne saadaan uusiokäyttöön. Vaijeria on vaikea varastoida ja hyödyntää uudelleen sen solmuuntumisen takia (kuva 9). Varovasti käsiteltynä muovikellukkeet saadaan niputettua ja varastoitua ehjinä. Pieniä vaurioitakin kannattaa vielä korjata muovihitsaamalla. Kankaaseen on voinut tarttua mereneläviä tai levää, joka tulee pestä pois ennen sen varastoimista. (Palermo, 1978, 175 - 178.)



KUVA 8. Rannalle vedetty siltiverho



KUVA 9. Selkävaijereita purettuna kasalle

7 KOKEMUKSET

7.1 Mitoitus ja suunnittelu

Tampereen Rantatunneli -hankkeen yhteydessä tehtyjen vesistötäyttöjen ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi mitoitettiin silttiverho pohjautuen ”An Analysis of The Functional Capabilities and Performance of Silt Curtains” -julkaisun teoriaan. Silttiverhon rakenteesta mitoitettiin selkävaijerit ja ankkurit. Mitoituksessa laskettiin veden virtauksen aiheuttama voima verhometriä kohden, jonka perusteella määritettiin selkävaijerin kesto ja ankkureille siirtyvät voimat. Myös aallokon aiheuttama pystysuuntainen aaltovoima täytyi huomioida mitoituksessa. Ankkureiden painoa määritettäessä huomioitiin myös painojen hautautuminen pohjamutaan. Pohjamudan paino ankkurin päällä ja adheesio ankkuripainon pintojen ja mudan välillä lisäsi huomattavasti sen ankkurointikykyä. (Kasari 2016.)

Tässä hankkeessa mitoitus onnistui hyvin. Kangas ja selkävaijerit kestivät niille lasketut vesiolosuhteista aiheutuneet voimat. Ankkuripainot olivat myös riittävät eikä silttiverho näin päässyt liikkumaan. Verhon toteutusmalli ei kuitenkaan ollut paras mahdollinen näin pitkäkestoiseen hankkeeseen, jossa louhepengertä rakennetaan veteen syrjäyttämällä heikosti kantavaa maapohjaa. Syrjäytetyn pohjamaan etenemä vesistön pohjassa täytyy huomioida verhon sijoittelua suunniteltaessa, jotta maamassat eivät vedä verhoa mukanaan mikäli kangas on painotettuna pohjaan asti. Pohjamaan etenemää voidaan arvioida maaperäkairauksista saatujen tulosten perusteella mallintamalla niistä GeoCalc-ohjelmalla täyttötyöstä aiheutuvat pohjamaan siirtymät. Toteutusmallin suunnittelussa tulisi huomioida myös toisistaan irti olevien kellukkeiden aiheuttama hankausrasitus kankaaseen ja niiden pysyminen linjassa toisiinsa nähden, jotta repeytymiä kankaaseen ei syntyisi.

7.2 Silttiverhon rakentaminen

Siltiverho voidaan toteuttaa yhtä monella tavalla kuin on tekijöitäkin. Tässä työssä on tarkoitus tuoda esille erilaisia toteutusmalleja kokemusten perusteella. Siltiverhon rakenne täytyy suunnitella aina tapauskohtaisesti ja kaikki toteutusmallit eivät sovellu jokaiseen vesirakennuskohteeseen. Materiaalivalinnat ovat tärkeässä osassa rakentamis-

ta kun huomioidaan kustannustehokkuus ja materiaalien uudelleen käytettävyys. Jos materiaali on suunniteltu käytettäväksi uudelleen silttiverhoissa, täytyy toteutusmallinkin olla kasattavissa ja purettavissa uudelleen. (Korhonen, 2016a; Koivuaho, 2016.)

Rakentaminen voidaan suorittaa talvella jään päällä (kuva 10). Verhon kellukkeina voidaan käyttää 6 tai 12 m pituisia putkiponttooneita. Kellukkeet voidaan myös hitsata yhtenäisiksi (kuva 11). Kellukkeet voidaan sijoittaa kankaaseen ommeltuun pussiin tai vaihtoehtoisesti kiinnittää vanteilla. Vanteilla kiinnitettäessä verhon ylähelmaan on ommeltava pussi, johon asennetaan vahvikkeeksi esimerkiksi harjateräs, joka tasaa kankaaseen aiheutuvaa vetoa (kuva 12). Verhon alahelma voidaan painottaa ketjulla tai harjateräksellä. (Korhonen, 2016a.)



KUVA 10. Siltiverhon rakentamista jään päällä (Kuva: Jeremias Korhonen)



KUVA 11. Kellukkeiden valmistamista puskuhitsaamalla (Kuva: Jeremias Korhonen)



KUVA 12. Verhon ompeluun käytettävä ompelukone (Kuva: Jeremias Korhonen)

Kun kellukkeet hitsataan yhtenäisiksi tukevoittaa se verhoa, mutta myötäilee näin vähemmän aallokon liikkeitä kuin jonoon vaijerein kytketyt kellukkeet. Yhtenäinen kelluke kestää pidemmän päälle paremmin, kun yksittäiset kellukkeet taas pääsevät hiomaan kangasta rikki. Jos kellukkeet hitsataan yhtenäisiksi, on tietyin välein hyvä tehdä esimerkiksi laippaliitos, joka voidaan kytkeä vedessä helposti toisen kellukkeen jatkoksi (kuva 13; kuva 14). Pitkät kellukejonot tarvitsevat apukoneen maalla, kun niputettua silttiverhoa vedetään paikoilleen (kuva 15). Tämä helpottaa käsittelyä maalla ja jos kellukkeessa havaitaan vaurio, voidaan tuo osa verhosta vaihtaa helposti. Pienemmissä verhoissa kellukkeiden halkaisijan ei tarvitse olla suuri, joka vähentää hitsauksen tarvetta, kun putkimateriaalia on saatavilla suurissakin kiepeissä. 110 mm PE -putkea on saatavilla jopa 700 m autokelassa. (Pipelife 2013; Korhonen, 2016a; Koivuaho 2016.)



KUVA 13. Siltiverhon rakentamista maalla (Kuva: Jeremias Korhonen)



KUVA 14. Laippaliitoksilla verholohkot voidaan yhdistää ilman hitsaamista (Kuva: Jeremias Korhonen)



KUVA 15. Kone avustamassa rannalla silttiverhon asennusta (Kuva: Jeremias Korhonen)

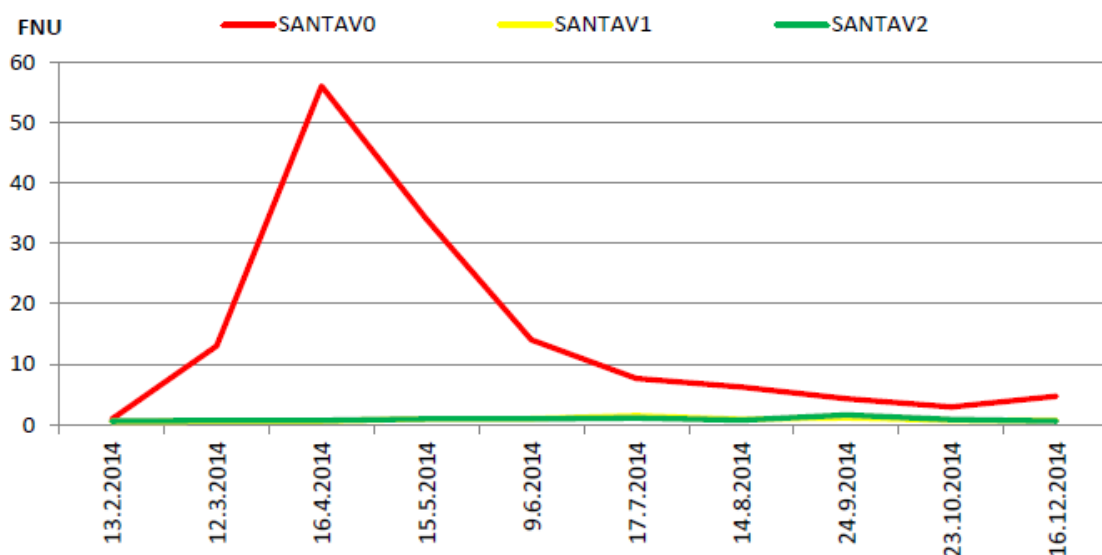
7.3 Toiminta

Tampereen Rantatunneli -hankkeen vesistötäytöissä käytetyt silttiverhot ovat osoittaneet verhojen toimivuuden samentumien ehkäisemiseksi (kuva 16). Vuosiyhteenveto Tampereen Rantatunnelin vesistöntarkkailusta vuodelta 2014 osoittaa näköhavaintoineen ja tutkimustuloksineen silttiverhojen toimineen hyvin. Myös mittavassa Vuosaaren satamahankkeessa oli käytössä silttiverho estämässä kiintoainesten leviämisen ruopattavan alueen ulkopuolelle. Vuosaassa käytetty kangas oli vetolujuudeltaan vähintään 70 kN/m ja kriittisissä paikoissa vähintään 120 kN/m kestävää kudottua geotekstiiliä. Kellukkeina oli styreenimuoviset ponttoonit ja kangas oli painotettuna pohjaan kettingillä. (Hell & Alajoki, 13, 2015; Heikkonen, 88, 2008.)



KUVA 16. Siltiverho ehkäisee tehokkaasti samentumien leviämistä.

Molemmissa hankkeissa suoritettut mittaukset osoittavat silttiverhojen toimineen erittäin hyvin. Samentumaa mitattiin FNU -asteikolla, jossa arvo 5 kuvaa silminnähtävän sameutuman raja-arvoa. Rantatunneli -hankkeen yhteydessä tehdyissä vesistötäytöissä mitattiin veden sameusarvoja myös siltiverhon sisäpuolelta (kuva 17). Suurimmillaan verhon sisäpuoliset sameusarvot nousivat 500 FNU:hun, kun verhon ulkopuolella arvot pysyttelivät alle 5 FNU:n. (Hell & Alajoki, 36 - 38, 2015.)



KUVA 17. Punaisella sameusarvo siltiverhon sisäpuolella. Keltaisella ja vihreällä sameusarvot verhon ulkopuolella. (Hell & Alajoki 2015, 17.)

Rantatunnelin louhinnasta irronnut tunnelilouhe läjitettiin Näsijärven rantaan syrjäyttämällä edellään pohjamutaa, jotta louhe ulottuisi kantavaan maapohjaan. Mutavyöry aiheutti verhon painumisen osittain vedenpinnan alle ja kiintoainesta pääsi hieman leviämään pintavedessä (kuva 18). Toistuvien verhon uppoamisten seurauksena viranomaiset antoivat luvan nostaa Ranta Tampellan alueen vesistötäytöillä siltiverhon irti pohjasta, niissä kohdissa jossa uppoamista tapahtui. Sameaa vettä pääsi jonkun verran virtaamaan verhon alitse liikkuen kohti syvänteitä, mutta huippusameumat jäivät silti varsin alhaisiksi verhon ulkopuolella olevissa mittauspisteissä. (Hell & Alajoki, 47 - 48, 2015.)



KUVA 18. Maamassat ovat vetäneet verhon kellukkeet vedenpinnan alle, ja sameutunutta vettä päässyt leviämään Näsijärvessä Tampereella. (Karttapaikka 2016)

Rantatunneli -hankkeen siltiverhojen toiminnassa suurimman ongelman tuotti maamassojen vyöryäminen. Verhoja ei ollut mahdollista viedä monessakaan kohdassa kauemmas rannasta, koska vesiliikennereittejä ei voitu tukkia. Myös kankaan sisälle ommellut yksittäiset 6 metriä pitkät putkiponttoonit pääsivät liikkumaan ja hankautumaan kangasta vasten. Kellukerivi ei pysynyt linjassa ja kellukkeet repäisivät auki kankaan pussin, josta putkiponttooneja pääsi ajoittain irti. Maamassat kiristivät verhoa jopa niin, että selkävaijerikin katkesi (kuva 19). Kankaan alahelman painona toiminutta raskasta ketjua jouduttiin useasti kiskomaan kaivinkoneella ylös pohjamudasta, jotta verho ei olisi uponnut kokonaan. (Koivuaho, 2016a; Vähä-Pietilä, 2014.)



KUVA 19. Pohjalietteen vyöryäminen verhon päälle aiheutti selkävaijerin katkeamisen. (Kuva: Perttu Vähä-Pietilä)

Äänekosken biotuotetehtaan rakennusurakassa tehtiin ruoppaustöitä silttiverholla eristetyllä alueella. Silttiverhot oli rakennettu alajuoksulle 200 m päähän voimalaitoksen sulkuporteista. Virtaus oli kohdassa niin voimakas, että verhon helma oli painotettava pohjaan kettingin lisäksi betonipaalujen pätkillä. Kun verho oli saatu ankkuroitua paikalleen, olivat ompeleet pettäneet ja kangas irronnut kellukkeista. Selkävaijereiden sijaintia muuttamalla ja määrää lisäämällä, olisi kankaan ompeleisiin kohdistuvaa rasitusta voitu vähentää. Äänekoskella myös kankaan silmäkoko 0,20 mm oli valittu väärin sillä se päästi lävitseen osan pohjasta levinneestä hienoaineksesta. (Korhonen 2016b.)

8 POHDINTA

Tähän opinnäytetyöhön kerättyjen teorioiden ja kokemusten pohjalta voidaan silttiverho todeta toimivaksi rakenteeksi ehkäistäessä vesirakentamisesta aiheutuvia ympäristövaikutuksia ympäröivään vesistöön. Silttiverhon eri toteutusmalleja on monia erilaisia, joista tarvitsee valita se toimivin ja kustannustehokkain vaihtoehto hankkeen keston ja siinä vaikuttavien olosuhteiden mukaan. Tässä työssä on tuotu esille tarpeellisia kokemusperäisiä faktoja, joiden avulla silttiverhojen suunnittelua ja toimintaa voidaan kehittää eteenpäin.

Silttiverhojen suunnittelun ja toteutuksen kehittämistä rajoitetaan osittain jo lupaprosessissa. Vesiluvassa voidaan asettaa vaatimuksia silttiverhon materiaaleille ja toteutustavalle. Tämä käytäntö, jossa viranomainen asettaa vaatimukset silttiverhon toteutustavalle, ei anna täysiä mahdollisuuksia hankkeen toteuttajalle suunnitella ja ideoida toimivaa ratkaisua, jolla ehkäistään hankkeesta mahdollisesti aiheutuvat ympäristöhaitat. Silttiverhon rakentaminen ei varmasti ole ainoa tapa ehkäistä sedimenttien leviäminen työalueen ulkopuolelle. Silti vesilupapäätöksissä usein töiden aloittamisen edellytyksenä on silttiverhon rakentaminen lupapäätöksen mukaisesti. Toteutustavan pitäisi olla vapaa, kunhan lopputulos on vaatimusten mukainen.

Silttiverhoista ei aiemmin ole juurikaan ollut kirjoitettua aineistoa vaan tieto on liikkinut suullisesti tekijöiden välillä ja itse silttiverho -käsite on monelle ollut tuntematon. Kun on todettu epäkohtia silttiverhon toiminnassa, ei niistä ole välttämättä raportoitu kirjallisesti. Tähän työhön on onnistuneesti saatu kokemusperäistä tietoa eri hankkeilla käytössä olleista silttiverhon toteutusmalleista. Teoria silttiverhon rakenteen mitoittamiseen on vanhaa, mutta voimien vaikutusten laskenta ei ajansaatossa ole muuttunut.

Silttiverho rakennetaan yleensä aina tiettyyn kohteeseen, joka tekee sen materiaalien kierrättämisestä vaikeaa. Tässä opinnäytetyössä esiteltyjä toteutusmalleja voisi tutkia tarkemmin jatkojalostuksen kannalta. Silttiverhoista tulisi kehittää helposti asennettava ja ennen kaikkea uudelleen käytettävissä oleva rakenne, jonka myös viranomaiset hyväksyisivät käytettäväksi vesirakennuskohteissa. Moneen eri tilanteeseen muunneltavissa oleva silttiverho säästäisi kustannuksia, ja kun sama rakenne olisi testattu kestävämmän olosuhteiden rasitukset, ei yllätyksiä rakennushankkeen aikana syntyisi.

LÄHTEET

Aluehallintovirasto. 2013. Lupapäätös 97/2013/2.

Aluehallintovirasto. 2013. Lupapäätös 103/2013/2.

Hell, E. Alajoki, H. 2015. Vuosiyhteenveto Tampereen Rantatunnelin vesistötarkkailusta vuodelta 2014. Tampere: KVVY.

Heikkonen, M. 2008. Vuosaaren satama ja ympäristö. Suunnittelusta rakentamiseen. Helsinki: Gummerus Kirjapaino Oy.

Humalajoki, J. 2013. Tampereen Rantatunneli. Työ- ja laatusuunnitelma. Näsinlahden silttiverhon asennus. Tampere. Lemminkäinen Infra Oy.

Ilmakuva. 2016. Karttapaikka. Tulostettu 25.2.2016.
<http://kansalaisen.karttapaikka.fi/kartanhaku>

Kasari, T. Geosuunnittelija. 2016. Silttiverho. Sähköposti. teuvo.kasari@ains.fi. Luettu 11.2.2016.

Koivuaho, S. Ammattisukeltaja. 2016. Haastattelu 24.2.2016. Haastattelija Paajanen, J. Tampere.

Korhonen, J. Työmaapäällikkö. 2016a. Haastattelu 18.2.2016. Haastattelija Paajanen, J. Tampere.

Korhonen, M. Työmaapäällikkö. 2016b. Silttiverhojen käyttö vesistörakentamisessa. Sähköposti. matti.korhonen@destia.fi. Luettu 1.3.2016.

Palermo, M. 1978. An Analysis of The Functional Capabilities and Performance of Silt Curtains. Final Report. Wilmington: JBF Scientific Corporation.

Pipelife. 2013. Pe-paineputkijärjestelmät. Tuotekuvasto. Luettu 22.2.2016.
www.pipelife.fi

Sunell, J. Pulkkinen, S. Mäkynen, A & Mustajärvi, K. 2011 Ranta-Tampella, Tampere. Vesilain mukainen hakemussuunnitelma. Tampere: Rambol Oy.

Vähä-Pietilä, P. 2014. Tampereen Rantatunneli. Poikkeamaraportti. Silttiverhon painuminen. Tampere. Lemminkäinen Infra Oy.

Ympäristöministeriö. 2012. Uudistunut vesilaki 2011. Ympäristöministeriön raportteja 1/2012.

Ympäristöministeriö. 2015. Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ympäristöhallinnan ohjeita 1/2015.

Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527.